

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.9.047

В. А. Полетаев, И. С. Сыркин

КОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ СТАНКОМ

У электроэрозионной обработки существует ряд неоспоримых преимуществ, благодаря которым она вытеснила другие типы обработки при изготовлении формообразующих поверхностей у мировых производителей изделий из формуемых материалов.

На характер протекания и результаты процесса ЭЭО оказывают влияние различные факторы: полярность и материал электродов; электрические и временные параметры подводимых к электродам импульсов напряжения и тока (форма, частота, скважность, полярность, и т.д.); конструктивно-технологические особенности электродов; характеристики рабочей жидкости; характер окружающей среды. В результате многочисленных исследований [1, 2] получены расчетные и экспериментальные зависимости, позволяющие выбрать режимы обработки в зависимости от качества и производительности и спроектировать технологический процесс.

Для обеспечения требуемого (заданного) процесса ЭЭО необходимо регулировать электрические, гидравлические и механические режимы обработки. Регулируемые параметры условно разделяются на установочные, не изменяющиеся в процессе обработки и оперативные, требующие настройки в процессе обработки в зависимости от условий в рабочей зоне и непосредственно влияющие на конечный результат. Для учета всех параметров и их изменения во времени требуется создать

самообучаемую систему управления.

Систему управления электроэрозионным станком предполагается построить на основе нейро-нечетких регуляторов.

Система управления должна реализовывать следующие функции:

- генерировать рабочие импульсы;
- поддерживать межэлектродный зазор на необходимом уровне;
- в зависимости от режимов обработки задавать параметры рабочих импульсов и требуемую величину межэлектродного зазора.

Задача поддержания межэлектродного зазора разбивается на две подзадачи. Первая подзадача – обеспечить необходимое положение электрода-инструмента в любой момент времени. Для решения этой подзадачи требуется разработать контроллер линейного двигателя, основной задачей которого будет регулирование положения якоря двигателя. Требуемое положение якоря двигателя задается на основе анализа состояния межэлектродного зазора. Измеряя параметры рабочих импульсов – напряжение и ток, можно определить состояние процесса обработки – холостые импульсы, нормальный режим, короткое замыкание. Этим занимается другой блок, названный регулятором зазора. На основе полученных данных рассчитывается необходимое положение электрода-инструмента. Таким образом, для решения задачи регулиро-

вания межэлектродного зазора требуется согласованное действие двух блоков системы – контроллера двигателя и регулятора зазора.

В зависимости от требуемого качества обработки выбираются параметры процесса. Регулируемые параметры ЭЭО можно условно разделить на установочные, не подвергающиеся изменениям в процессе заданной операции, например положение электродов, проводимость рабочей жидкости и способ ее подачи (прокачка, отсос, пульсирующая промывка), полярность включения электродов, форма импульсов технологического тока, амплитуда поджигающих импульсов напряжения, и оперативные, требующие настройки в процессе обработки в зависимости от условий в рабочей зоне и прямо влияющие на конечные результаты. К оперативным относятся параметры единичных импульсов разрядного тока и параметры пространственно-временного распределения разрядов: время паузы между импульсами, настроочные параметры регулятора зазора, расход прокачиваемой рабочей жидкости, частота и длительность релаксаций электродов. Регулировкой параметров обработки занимается т.н. автоматический технолог.

Автоматический технолог обеспечивает интерфейс с пользователем. Основа автоматического технолога – нейронная сеть, которая используется для определения как установочных, так и оперативных параметров.

На основе его требований рассчитываются установочные параметры процесса обработки. Оперативные параметры изменяются на основе данных, поступающих от регулятора зазора.

Для реализации нейросетевых вычислений планируется использовать серийные микроконтроллеры серии dsPIC производства компании Microchip. Они обладают достаточным быстродействием и содержат большой набор периферийных устройств.

Система команд ядра dsPIC30F имеет два класса команд: микроконтроллерные инструкции и команды цифровой обработки сигналов. Оба этих класса равноправно интегрированы в архитектуру контроллера и обрабатываются одним ядром.

Ядро DSP контроллера имеет 40-разрядное АЛУ и поддерживает команды умножения 17·17 за один цикл, имеет два 40-разрядных аккумулятора и 40-битный сдвиговый регистр (позволяет сдвигать данные до 15 бит вправо и до 16 бит влево за один цикл).

Микроконтроллеры dsPIC30F делятся на три семейства: контроллеры общего назначения, контроллеры для систем управления приводом и контроллеры для обработки сигналов датчиков.

Широкая гамма периферийных модулей позволяет получать информацию и управлять внешними устройствами. В зависимости от семейства контроллеры имеют такие модули как таймеры, модули захвата/сравнения/ШИМ, специализированные модули ШИМ для управления электроприводом, интерфейс квадратурного энкодера, 10- и 12-разрядный АЦП, интерфейсы USART, SPI, I2C, DCI, CAN.

Помимо обычных модулей широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в контроллерах dsPIC существуют специализированные модули, которые призваны облегчить формирование

многоканальных синхронизированных импульсов ШИМ для систем управления электроприводом и преобразователей мощности. С помощью специализированного модуля MCPWM (MCPWM — ШИМ для управления приводом) можно управлять следующими устройствами:

трехфазными индукционными двигателями переменного тока (ACIM);

- трехфазными шаговыми двигателями с реактивным ротором, вентильными реактивными электродвигателями (Switched Reluctance Motor);

- бесколлекторными двигателями постоянного тока (BLDC);

- бесперебойными источниками питания (UPS).

Модули MCPWM имеют следующие особенности:

- два вывода на каждый MCPWM-генератор;

- комплементарное или независимое управление для каждой пары выходов;

- аппаратная реализация временной задержки («dead time») для комплементарного режима;

- программируемая полярность выходных импульсов;

- множество режимов формирования выходных импульсов:

- а) ШИМ с выравниванием по фронту;

- б) центрированная ШИМ;

- в) центрированная ШИМ с двойным обновлением;

- г) режим одиночного импульса;

- аппаратный вход аварийной ошибки драйвера (FAULT) с программируемой функцией;

- возможность синхронизации измерений АЦП с формируемой ШИМ;

- возможность индивидуального разрешения каждого выхода ШИМ.

Во всех контроллерах dsPIC30F существует модуль аналого-цифрового преобразователя (АЦП). В зависимости от типа устройств и назначения

dsPIC30F имеют 10 или 12-разрядный АЦП. АЦП последовательного приближения с разрядностью 10 бит имеет следующие отличительные особенности:

- скорость преобразования до 500 тыс. преобразований в секунду;

- до 16 аналоговых входов;

- возможность подключения внешнего опорного напряжения;

- четыре дифференциальных устройства выборки-хранения (УВХ);

- возможность одновременного (до 4 каналов) или последовательного измерения;

- режим автоматического сканирования каналов;

- выбираемый источник запуска старта преобразований;

- буфер результатов измерений на 16 значений;

- возможность работы в режиме SLEEP и IDLE.

Аналоговые входы контроллера через мультиплексор подключаются к 4 устройствам выборки-хранения (УВХ). АЦП может быть сконфигурировано для работы с одним, двумя или четырьмя УВХ. Мультиплексор позволяет подключать к УВХ до двух входных сигналов, тем самым предоставляется возможность производить измерения дифференциальных или униполярных сигналов.

АЦП подключен к буферу результатов, который представляет собой двухпортовое ОЗУ на 16 значений. Результат 10-разрядного преобразования при считывании из буфера может быть преобразован в четыре различных формата представления данных. Буфер АЦП позволяет накапливать результаты измерений для последующей обработки программой пользователя. Для удобства буфер может быть сконфигурирован как один буфер на 16 значений или как два буфера по 8.

Прерывание от АЦП может устанавливаться после каждого измерения или после каждого 2-го, 3-го, ..., 16-го преобразова-

ния, что позволяет считывать результаты из буфера по мере его заполнения.

АЦП в контроллерах семейства dsPIC предоставляют широкие возможности для осуществления измерений в сложных системах управления, измерений и обработки сигналов.

Последовательный интерфейс I2C предназначен для связи с различными устройствами (EEPROM-памятью, часами реального времени, драйверами

троллеров возможно построение всей системы управления электроэрозионным станком на основе нескольких однотипных кристаллов. Все микросхемы обмениваются данными по шине I2C, что обеспечивает удобство передачи сообщений от одного модуля к другому. Контроллер линейного двигателя использует модули АЦП и ШИМ для управления приводом. Основной цикл программы, управляющей данным

зазора было учтено то, что сигнал, снимаемый с датчиков тока и напряжения на рабочем зазоре сильно зашумлен, что связано с искровой природой рабочего разряда. Для получения сглаженного сигнала требуется использовать полосовые фильтры. Полосовой фильтр строится на основе фильтра нижних частот (ФНЧ) и фильтра высоких частот (ФВЧ).

Фильтр нижних частот (ФНЧ) с одноконтурной обрат-

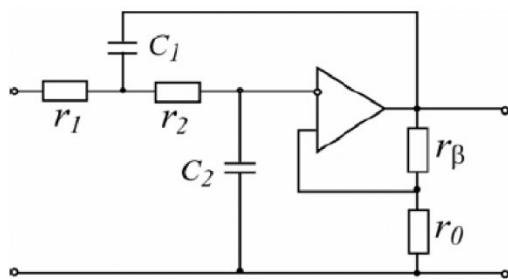


Рис. 1. ФНЧ Саллена и Ки второго порядка с цепью положительной обратной связи

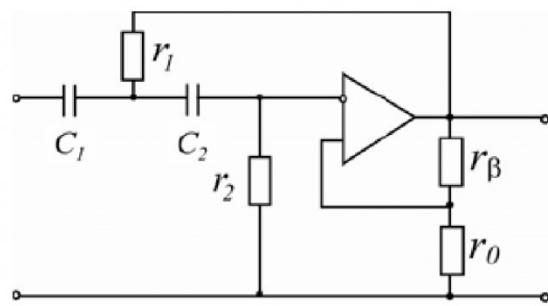


Рис. 1. ФВЧ Саллена и Ки

LCD-дисплеев и т. п.) или другими контроллерами.

Модуль I2C в dsPIC поддерживает режим ведомого (SLAVE), ведущего (MASTER) а также режим с несколькими ведущими устройствами (MULTI-MASTER). Реализована поддержка 7- и 10-битной адресации устройств а так же поддержка скоростей шины 100 и 400 кГц.

В контроллерах содержатся независимые блоки поддержки ведомого и ведущего. Когда активна логика MASTER-блока, SLAVE-блок остается активным для определения состояния шины и приема своих сообщений в режиме одного ведущего или сообщений другого ведущего в режиме MULTI-MASTER. Модуль I2C в режиме с несколькими ведущими обеспечивает арбитраж и определение конфликтных ситуаций, что исключает потерю сообщений. Собственный генератор скорости передачи данных не требует для своей работы дополнительных ресурсов контроллера.

Благодаря описанным возможностям данных микрокон-

dsPIC, получает данные от датчика положения, преобразует их положение рабочего органа и на основе нейро-нечеткого регулятора вычисляет необходимые скважности сигналов модуля ШИМ для подачи на обмотки якоря. Целью данной регуляции служит поддержание необходимого положения рабочего органа станка, вычисляемого регулятором зазора. Регулятор зазора построен на другом кристалле, в котором главный цикл программы, получив данные с входов АЦП, вычисляет требуемое положение рабочего органа станка. Вычисление положения производится так же с помощью нейро-нечеткого регулятора. Уставка зазора определяется автоматическим технологом, работающим на третьей микросхеме dsPIC. Модуль автоматического технолога занимается взаимодействием с пользователем и вычислением требуемых параметров процесса обработки. Далее вычисленные параметры передаются другим модулям системы управления.

При разработке регулятора

ной связью предназначен для выделения сигналов, частота которых ниже некоторой заданной частоты, называемой частотой среза фильтра. ФНЧ практически без ослабления пропускает сигналы в полосе частот от постоянного напряжения до частоты среза и ослабляет сигналы, частота которых выше частоты среза. В зависимости от числа полюсов в передаточной характеристики, ФНЧ делят на однополюсные (первого порядка), двухполюсные (второго порядка) и многополюсные (высокого порядка).

Одним из способов реализации ФНЧ второго порядка является способ, предложенный на рис.1. Наилучшая избирательность при этом достигается за счёт того, что одно из звеньев RC-цепи входит в цепь положительной обратной связи. Такая структура была предложена Салленом и Ки. Его передаточная функция при этом имеет вид

$$K(p) = \frac{K_0}{(pCR)^2 + (3 - K_0)pCR + 1} \quad (1)$$

при значениях параметров $R1 =$

$R_2 = R$ и $C_1 = C_2 = C$, $K_0 = 1 + Rb/R_0$. При этом если $K_0 = 3$, то передаточная функция имеет единственный полюс кратности 2, что соответствует спаду АЧХ у границы среза фильтра в -12дБ/окт . В этом случае он эквивалентен LC – фильтру низких частот.

Фильтры верхних частот строятся на тех же принципах, что и активные ФНЧ. ФВЧ предназначен для выделения сигналов, частота которых выше некоторой заданной частоты – частоты среза.

Схема на рис.2 представляет собой схему, также предложенную Салленом и Ки. Видно, что её можно получить простой заменой ёмкостей на сопротивления на схеме рис.1 соответственно и расчёт её аналогичен случаю ФНЧ.

Полосовые фильтры предназначены для выделения сигналов, частота которых лежит в пределах некоторой полосы $\omega_{01} < \omega < \omega_{02}$. При этом он практически без ослабления пропускает сигналы, лежащие в этой полосе, и ослабляет сигналы, частоты которых лежат за пределами полосы пропускания. Полосовой фильтр представляет собой последовательное включение ФВЧ и ФНЧ. При этом передаточные функции будут перемножаться.

Одним из типов фильтров

1. Witzak, M.P. New arc detection technology for highly efficient electro-discharge machining / M.P. Witzak // Draft paper dies and molds, 1997.
2. Amorim, F. L. Die-Sinking Electrical Discharge Machining of a High-Strength Copper-Based Alloy for Injection Molds / F. L. Amorim, W. L. Weingaertner. // Journal of the Brazil Society of Mechanical Science. & Engineering.– April-June 2004.– Vol. XXVI,– No. 2.– pp. 137–144.
3. Сыркин И. С. Полетаев В. А. Разработка системы управления электроэррозионным станком на основе нейронных сетей и нечетких множеств // Сборник трудов III Всероссийской научно–практической конференции студентов "Молодежь и современные информационные технологии". – Томск: ТПУ, 2005.
4. www.microchip.com

□ Авторы статьи:

Полетаев
Вадим Алексеевич
- докт.техн.наук, проф., зав. каф..
информационных и автоматизиро-
ванных производственных систем

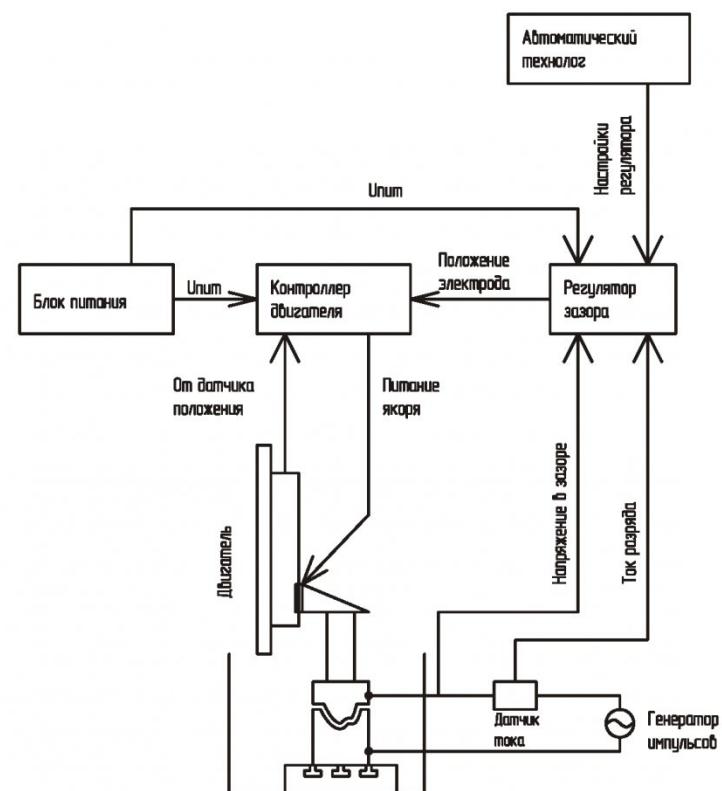


Рис. 3. Структура системы управления электроэррозионным станком

является фильтр Чебышева. Для синтеза его АЧХ следует перемножать передаточные функции ФНЧ 2 порядка. Для получения ФНЧ Баттеврворт 6 порядка достаточно использовать 3 последовательных фильтра Саллена и Ки с коэффициентами усиления 1.07, 1.59, 2.48. Фильтр верхних частот построен из блоков ФВЧ Саллена и Ки с аналогичными коэффициентами

усилений.

Созданная на основе описанных выше технологий система управления, структурная схема которой приведена на рис.3 позволяет управлять процессом электроэррозионной обработки и достигнуть требуемых показателей качества и производительности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Сыркин
Илья Сергеевич
- аспирант каф. информационных и
автоматизированных производст-
венных систем